

# CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIACIONES DE METALES TRAZA EN SUERO Y EN ORINA EN LA PRÁCTICA DE MOTOCROSS

## CHARACTERIZATION OF THE TRACE METALS VARIATIONS IN SERUM AND IN URINE IN THE PRACTICE OF MOTOCROSS

Javier Granell<sup>1</sup>

Julián Rodríguez<sup>2</sup>

Arturo Montel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doctor en Medicina. Universidad

Camilo José Cela  
<sup>2</sup>Licenciado en CC de la Act. Física y del Deporte.

IES "Martín Gaité"

<sup>3</sup>Doctor en Farmacia Hospital Militar Gómez Ulla

### RESUMEN

**Introducción:** Existe poca literatura que estudie los cambios fisiológicos que se producen en la práctica del motocross, sobre todo en lo relativo a las variaciones de los elementos traza. La importancia de las funciones de dichos elementos en el ejercicio se ha descrito en numerosos estudios, participando en áreas como el metabolismo energético, la cadena de transmisión de electrones, los mecanismos de amortiguamiento de la acidosis o en la neutralización de los radicales libres, después del ejercicio físico. El objetivo de este estudio es describir y valorar las posibles variaciones de estos elementos en la práctica de motocross, considerando que se trata de un esfuerzo tipificado como de fuerza-resistencia.

**Material y métodos:** Se diseñó un estudio prospectivo y observacional con 12 competidores (de entre 21 y 38 años). Se recogieron parámetros analíticos antes y después de realizar dos carreras de competición de veinte minutos de duración. La intensidad de esfuerzo durante la prueba se controló mediante monitores de frecuencia cardíaca.

**Resultados:** Las concentraciones séricas de hierro y zinc descendieron significativamente ( $p=0,01$  y  $p<0,005$ ), por el contrario, el cobre experimenta un aumento estadísticamente significativo ( $p<0,005$ ). Las enzimas analizadas incrementan sus concentraciones en suero ( $p<0,005$ ) así como los neutrófilos dentro de la fórmula leucocitaria ( $p=0,001$ ). En orina, la presencia de zinc y cobre después de la actividad física es significativa ( $p<0,005$ ), existiendo una correlación entre la proteinuria y el zinc ( $r=0,63$ ;  $p<0,005$ ). Los descensos de magnesio y selenio no son estadísticamente significativos.

**Conclusiones:** La práctica del motocross supone un esfuerzo físico que provoca un descenso de las concentraciones séricas de zinc y hierro, al tiempo que se produce un incremento del cobre. La depleción en orina de cobre, zinc y proteínas se incrementa tras la realización de esfuerzos de esta modalidad deportiva, estando correlacionadas las concentraciones de zinc en orina con la proteinuria generada post-ejercicio.

**Palabras clave:** Motocross. Zinc. Cobre. Hierro.

### SUMMARY

**Introduction:** There is little literature to study the physiological changes that occur in practice of motocross, especially respect to changes in trace elements. The importance of the functions of these elements has been described in numerous studies, involved in areas such as energetic metabolism, electron transport chain, buffering mechanism of acidosis, and even neutralizing free radical generated after physical exercise. The aim of this study is to describe and assess the possible variations of these elements in the practice of motocross, considering that can be typified like a strength-endurance effort.

**Material and methods:** We designed a prospective observational study with 12 competitors (ages from 21 to 38 years). Analytical parameters were collected before and after run two races of 20 minutes. The intensity of effort during the test was monitored using heart rate monitors.

**Results:** Serum iron and zinc decreased significantly ( $p=0.01$  and  $p<0.005$ ), however, copper experienced a statistically significant increase ( $p<0.005$ ). The enzymes analyzed increased their serum concentrations ( $p<0.005$ ) as well as neutrophils in the leukocyte count ( $p=0.001$ ). In urine, the presence of zinc and copper after physical activity is significant ( $p<0.005$ ), being a correlation between proteinuria and zinc ( $r=0.63$ ,  $p<0.005$ ). Decreases in magnesium and selenium were not statistically significant.

**Conclusions:** Motocross practice involves physical effort, which causes a decrease in serum zinc and iron, while an increase of copper. Urine depletion of copper, zinc and protein is increased after perform the efforts of this sport, being a correlation between zinc concentrations in urine and proteinuria generated after exercise.

**Key words:** Motocross. Zinc. Copper. Iron.

### CORRESPONDENCIA:

Javier Granell Navarro  
C/ Cerrillo de la Ermita 12, 28413 El Boalo (Madrid).  
E-mail: jgranell@ucjc.edu

**Aceptado:** 25.01.2012 / Original n° 599

## INTRODUCCIÓN

El motocross es una modalidad deportiva que implica la realización de esfuerzos de alta intensidad, sobre una motocicleta en un entorno constantemente cambiante, con un alto grado de incertidumbre. Estos factores condicionan una serie de dificultades a la hora de tipificar el ejercicio realizado<sup>1</sup>. Algunos estudios caracterizan el tipo de esfuerzo realizado como de *fuerza-resistencia* y de potencia aeróbica al mismo tiempo<sup>2</sup>. Tanto los oligoelementos como los elementos-traza, especialmente los metales de transición, actúan en muchos de los mecanismos enzimáticos vinculados a estas tipologías de actividad física. Es bien conocido que las alteraciones de dichos niveles pueden influir significativamente en el rendimiento deportivo<sup>3</sup>, alterando el normal funcionamiento en procesos como la amortiguación de la acidosis, la detoxificación de radicales libres o en el metabolismo energético, entre otros<sup>4,5</sup>.

El objeto de este estudio es caracterizar las variaciones que se producen en las concentraciones en suero y orina de los elementos-traza analizados. Secundariamente se analizarán las posibles relaciones que dichas variaciones pueden tener con la tipología del ejercicio realizado.

## MATERIAL Y MÉTODO

Realizamos un estudio prospectivo y observacional, tomando muestras analíticas de sangre y orina antes y después del desarrollo de la prueba deportiva.

La muestra se compuso de 12 competidores, varones, de edades comprendidas entre los 21 y 38 años, (media 26,7 D.E. 4,3).

### Criterios de inclusión:

- No padecer enfermedades del aparato locomotor que afecten a la práctica de la modalidad deportiva objeto del estudio.
- No presentar patologías metabólicas, o estar recibiendo tratamiento farmacológico que pudieran alterar los resultados analíticos.

- Practicar entre 6 y 12 horas de actividades físico-deportivas a la semana (incluyendo la modalidad deportiva objeto del estudio).

El nivel de competición es medio y alto (participan en campeonatos autonómicos y nacionales). Se compete en distintas categorías (motocicletas de 125 y 250 centímetros cúbicos de cilindrada y dos tiempos de ciclo de motor, y 500 centímetros cúbicos y cuatro tiempos) con potencias y pesos variables.

Se obtuvo el consentimiento informado de los sujetos participantes, conforme al modelo de la Declaración de Helsinki.

### Diseño

El ejercicio consiste en una carrera de dos mangas de 20 minutos en circuito con un descanso de 20 minutos entre ambas pruebas. Se realiza una monitorización de la intensidad del esfuerzo realizado mediante el registro de la evolución de la frecuencia cardiaca (HR) con monitores de frecuencia cardiaca (Polar Accurex Plus®).

### Variables del estudio:

- Metales en sangre: zinc, cobre, hierro, magnesio y selenio.
- Metales en orina: zinc, cobre, hierro, magnesio y selenio.
- Proteinuria total.
- Hemograma.
- Bioquímica: Lactato deshidrogenasa (LDH), Creatín Kinasa (CK), Glutámico Oxalacético Transaminasa (GOT), Glutámico Pirúvico Transaminasa (GPT).

### Material analítico:

- Espectrofotómetro de absorción atómica por llama Perkin Elmer® modelo Analyst 300®, con corrector de fondo de deuterio y mechoro de titanio, para los análisis de los metales.
- Autoanalizador Hitachi 717®.

Todos los productos químicos empleados son de la marca Merck®, certificados Suprapur, con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación debida a reactivos. Los patrones empleados son de la marca Perkin Elmer®, con certificación de calidad internacional. Los controles internos utilizados son Bio-Rad (Lyphochek Whole Blood y Assayed Chemistry Control), Nycomed (Sero-norm Trace Elements Whole Blood y Serum), todos con control de calidad internacional, en los que se indican los valores teóricos, así como el margen de aceptabilidad. Las pipetas empleadas son de la marca Heppendorf®, al igual que las puntas de pipeta, especiales para elementos traza. El material volumétrico empleado, vasos de precipitados, pipetas, matraces, etc., son de calidad A. Los pocillos donde se depositan los controles y las muestras son de polipropileno de 1,2 ml. El agua utilizada es MILLI Q, de 18 Megaohmios x cm de resistividad.

### Estadística

Se presenta un estudio descriptivo (media y desviación estándar) de las variables, antes (basal) y después (ejercicio) en la prueba descrita.

Se comprobó la distribución normal de las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Realizamos un estudio de comparación de medias mediante la prueba "t" para muestras relacionadas. Se realizó este análisis en cada variable estudiada excepto en la proteinuria donde se hizo un análisis para una sola muestra (ya que el valor basal es 0). Se estableció la significación estadística para una  $p < 0.05$ . Realizamos un estudio de la relación entre las variaciones de las medias de Zn, Cu, Fe, Mg y Se. con las variaciones de las medias de las otras variables analizadas mediante el Coeficiente de Correlación de Pearson. Los cálculos se han llevado a cabo mediante el paquete estadístico SPSS 15.0.

## RESULTADOS

En sangre, encontramos incrementos de las concentraciones totales de leucocitos. Dentro de la

serie blanca, los aumentos de las concentraciones séricas de neutrófilos sí presentan significación estadística.

Las enzimas analizadas incrementan sus valores medios, siendo dichos cambios estadísticamente significativos en todos los casos.

Respecto a los metales analizados sus concentraciones sufren variaciones de distinto signo, así el Zn sufre una variación de  $-12.86 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  (DE: 10,03) que resulta significativa ( $p < 0,005$ ), de igual modo evoluciona el Fe disminuyendo su concentración media en  $-17.42 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  (DE: 15,22), siendo también estadísticamente significativo ( $p = 0,01$ ). El Cu sufre un incremento de su concentración estadísticamente significativo. Las variaciones de las concentraciones de Mg y Se carecen de significación estadística.

En orina el Zn y el Cu aparecen después del ejercicio de manera significativa ( $p < 0,005$ ), en  $19,03 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  (DE 13,22) y  $5,78 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  (DE 2,02) de media, respectivamente. Respecto al Fe y Mg encontramos trazas y no detectamos presencia de Se. La aparición de proteinuria post-ejercicio es también significativa ( $p < 0,005$ ) siendo de media de  $0,18 \text{ g/L}$  (DE 0,09).

Hallamos correlaciones significativas entre las variaciones de Zn en orina con los valores de la proteinuria post ejercicio ( $r = 0,63$ ;  $p < 0,005$ ). El resto de las correlaciones analizadas presentan un rango muy bajo o carecen de significación estadística.

La frecuencia cardíaca registrada durante los tests alcanzó porcentajes medios, respecto de la frecuencia cardíaca máxima (tomando como referencia el valor resultante de aplicar la fórmula:  $220 - \text{edad}$ ) del 89% (DE 7,3) en la primera manga y 92% (DE 8,2) en la segunda (Tablas 1 a 6).

## DISCUSIÓN

Las variaciones de enzimas analizadas son coherentes con tipologías de ejercicios de intensidad

Variable	Media pre	D.E.	Media post	D.E.
Neutrófilos	3.1 10 <sup>3</sup> /uL	1,3	11.9 10 <sup>3</sup> /uL	4,2
LDH	280, 21 UI / L	34,60	564.56 UI / L	112,23
CK	119,27 UI / L	29,42	383,80 UI / L	118,12
GOT	14,44 UI / L	4,98	30,89 UI / L	9,77
GPT	12.34 UI / L	4,27	23,98 UI / L	8,02

**TABLA 1.**  
Concentraciones en sangre de neutrófilos y enzimas pre-post prueba Motocross

Variable	Media pre	D.E.	Media post	D.E.
Fe	112,23 µg/100 ml	16,76	94,81 µg/100 ml	17,03
Zn	98,76 µg/100 ml	12,31	85,90 µg/100 ml	8,78
Cu	110,54 µg/100 ml	13,02	129,65 µg/100 ml	13,89
Mg	2,4 mg/100 ml	1,02	1,6 mg/100 ml	0,99
Se*	112,03 µg/L	42,19	100,03 µg/L	38,94

**TABLA 2.**  
Concentraciones séricas de metales traza pre-post prueba Motocross

\*concentración en sangre

Variable	Media pre	D.E.	Media post	D.E.
proteinuria	0 g/L	0	0,18 g/L	0,09
Zn	51,02 µg/100 ml	11,12	70,05 µg/100 ml	12,22
Cu	12,42 µg/100 ml	4,12	18,20 µg/100 ml	4,91
Fe	0	0	trazas	----
Mg	0	0	trazas	----

**TABLA 3.**  
Concentraciones en orina de proteinuria y metales traza pre-post prueba Motocross

Variable	Media	D.E.	p
Neutrófilos	8,810 <sup>3</sup> /uL	3,2	0,001
LDH	284.35 UI / L	46,22	< 0,005
CK	264.53 UI / L	38,97	< 0,005
GOT	16.45 UI / L	5,08	< 0,005
GPT	11.64 UI / L	4,11	< 0,005

**TABLA 4.**  
Variaciones en sangre de neutrófilos y enzimas post-prueba Motocross

Variable	Media	D.E.	p
Fe	-17,42 µg/100 ml	15,22	0,01
Zn	-12,86 µg/100 ml	10,03	< 0,005
Cu	19,11 µg/100 ml	11,01	< 0,005
Mg	-0,8 µg/100 ml	0,68	> 0,05**
Se*	-12 µg/L	8,09	> 0,05**

**TABLA 5.**  
Variaciones séricas de metales traza post-prueba Motocross

\*Concentración en sangre; \*\* NO estadísticamente significativo

**TABLA 6.**  
Variaciones  
en orina de  
proteinuria y  
metales traza  
post-prueba  
Motocross

Variable	Media	D.E.	p
Proteinuria	0,18 g/L	0,09	< 0,005
Zn	19,03 $\mu$ g/100 ml	13,22	< 0,005
Cu	5,78 $\mu$ g/100 ml	2,02	< 0,005
Fe	trazas	----	----
Mg	trazas	----	----

alta, tipificados como de *fuera-resistencia* con alto grado de desgaste muscular. Distintos autores apuntan estos cambios en sus estudios<sup>6-8</sup>. Dichas variaciones se atenúan cuando el nivel de entrenamiento del sujeto es mayor, debido a la adaptación fisiológica que se produce como consecuencia del acondicionamiento físico. Las alteraciones de los datos del hemograma relativas a la serie blanca, tras la realización de ejercicios de intensidad media-alta, también han sido descritas<sup>9</sup>. Se produce un incremento de la neutrofilia como consecuencia de los procesos inflamatorios generados por una actividad caracterizada por el desgaste tisular, debido a los impactos o a las cargas soportadas de manera continua, lo que es frecuente cuando la contracción muscular es fundamentalmente isométrica o excéntrica, como en efecto ocurre en el motocross<sup>10,11</sup>.

En estas condiciones, la depleción de zinc ha sido descrita en varios estudios<sup>12,13</sup>. Del mismo modo, en la literatura revisada se recoge el descenso de los niveles de hierro como consecuencia de estas actividades<sup>14,15</sup>. Así los cuadros de anemia ferropénica en deportistas son frecuentes, particularmente en las mujeres<sup>16</sup>.

La aparición de elementos traza en orina en sujetos deportistas puede explicarse por la alteración de la función renal que provoca el ejercicio de alta intensidad y duración<sup>17</sup>. La correlación entre el Zn y la proteinuria en orina nos indica que la depleción de éste elemento aumenta con la intensidad de la actividad física. Puesto que la mayor parte del Zn sanguíneo se localiza en el espacio intracelular, la aparición en orina se relaciona con la lisis celular producida por este tipo de ejercicio<sup>18</sup>. En este sentido, algunos

autores han utilizado la variación de los niveles de los elementos traza como dato predictivo del rendimiento deportivo<sup>19</sup>.

Los valores de las variaciones de zinc post-ejercicio registrados, son mayores en orina que en suero, éste hecho puede explicarse por la elevada concentración de la orina después de las pruebas, ya que el desarrollo de las mismas provoca un aumento de los niveles de deshidratación por la tasa de sudoración.

El aumento de Cu responde a la respuesta inflamatoria generada por el ejercicio. En suero, éste elemento se encuentra ligado a la ceruloplasmina en su práctica totalidad, que es vertida desde el hígado como respuesta a los procesos oxidativos y de estrés producidos por la actividad física<sup>20</sup>.

Respecto al Se, al tratarse de un elemento que aparece en concentraciones mucho menores en suero y orina, sus variaciones por ejercicios de estas características, posiblemente necesiten mayor duración para consolidar diferencias significativas. En ésta línea de investigación, Millias et al. han estudiado las relaciones que existen entre las variaciones de los niveles basales de Se y el ejercicio excéntrico<sup>21</sup>, hallando relación entre los niveles basales de Se y el rendimiento funcional. Los estudios de Ascensão et al. en los que se valora el estrés oxidativo y los marcadores de daño tisular en motoristas de cross, concluyen que se produce un incremento de dichos parámetros después la práctica de motocross<sup>22</sup>, lo que podría explicar variaciones séricas de Se, al actuar como cofactor enzimático de la glutatión peroxidada, que actúa neu-

tralizando los radicales libres generados por la actividad física.

El registro de la frecuencia cardíaca durante los test es un parámetro indicativo de la carga del esfuerzo físico, así como del estrés añadido por las características de la modalidad deportiva, datos congruentes con la literatura revisada<sup>23</sup>.

En conclusión las variaciones de los elementos analizados indican que la práctica del motocross provoca alteraciones en los mismos compatibles con esfuerzos tipificados como de fuerza-resistencia, con un alto grado de contracción isométrica o excéntrica<sup>24</sup>, pudiendo estar asociado con el daño tisular del músculo esquelético involucrado.

## B I B L I O G R A F Í A

- 1. Grange JT., Bodnar J.A., Corbett S.W.** Motocross medicine. *Curr Sports Med Rep.* 2009;8(3):125-30.
- 2. Ascensão A, Azevedo V, Ferreira R, Oliveira E, Marques F, Magalhães J.** Physiological, biochemical and functional changes induced by a simulated 30 min off-road competitive motocross heat. *J Sports Med Phys Fitness.* 2008;48(3):311-9.
- 3. Speich M, Pineau A, Ballereau F.** Minerals, trace elements and related biological variables in athletes and during physical activity. *Clin Chim Acta.* 2001;312(1-2):1-11.
- 4. Clarkson PM.** Micronutrients and exercise: antioxidants and minerals. *J Sports Sci.* 1995 Summer; 13 Spec No: S11-24.
- 5. Van Loan MD, Sutherland B, Lowe NM, Turnlund JR, King JC.** The effects of zinc depletion on peak force and total work of knee and shoulder extensor and flexor muscles. *Int J Sport Nutr.* 1999;9(2):125-35.
- 6. Byrne C, Eston R.** The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *J Sports Sci.* 2002;20(5):417-25.
- 7. Spriet LL, Howlett RA, Heigenhauser GJ.** An enzymatic approach to lactate production in human skeletal muscle during exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(4):756-63.
- 8. Brancaccio P, Maffulli N, Buonauro R, Limongelli FM.** Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clin Sports Med.* 2008;27(1):1-18.
- 9. Kayashima S, Ohno H, Fujioka T, Taniguchi N, Nagata N.** Leucocytosis as a marker of organ damage induced by chronic strenuous physical exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995;70(5):413-420.
- 10. Gobbi AW, Francisco RA, Tuy B, Kvitne RS.** Physiological characteristics of top level off-road motorcyclists. *Br J Sports Med.* 2005;39(12):927-31.
- 11. Ménétrey J, Rostan A.** Etude du type d'effort physique exigé par la compétition en supercross. *Schweiz Z Sportmed.* 1992;40(4):175-8.
- 12. Kikukawa A., Kobayashi A.** Changes in urinary zinc and copper with strenuous physical exercise. *Aviat Space Environ Med.* 2002;73(10):991-5.
- 13. Volpe SL, Lowe NM, Woodhouse LR, King JC.** Effect of maximal exercise on the short-term kinetics of zinc metabolism in sedentary men. *Br J Sports Med.* 2007;41(3):156-61. Epub 2006 Nov 30.
- 14. Peeling P, Dawson B, Goodman C, Landers G, Trinder D.** Athletic induced iron deficiency: new insights into the role of inflammation, cytokines and hormones. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 103(4):381-91.

15. **Rodríguez E, Díaz C.** Iron, copper and zinc levels in urine: relationship to various individual factors. *J Trace Elem Med Biol.* 1995;9(4):200-9.
16. **Ahmadi A, Enayatizadeh N, Akbarzadeh M, Asadi S, Tabatabaee SH.** Iron status in female athletes participating in team ball-sports. *Pak J Biol Sci.* 2010;15:13(2):93-6.
17. **Pérez R, Bustamante J, De Paz JA.** La actividad física como modificadora de la función renal. *Nefrología.* VolXXII. Número 1:15-20. 2002.
18. **Mundie T.G., Hare B.** Effects of resistance exercise on plasma, erythrocyte, and urine Zn. *Biol Trace Elem Res.* 2001;79(1):23-8.
19. **Lukaski HC, Siders WA, Hoverson BS, Gallagher S.K.** Iron, copper, magnesium and zinc status as predictors of swimming performance. *Int J Sports Med.* 1996;17(7):535-40.
20. **Sight A, Smoak LS, Patterson KY, LeMay LG, Veillon C., Deuster P.A.** Biochemical indices of selected trace minerals in men: effect of stress. *Am J Clin Nutr* 1991;53:126-31.
21. **Milias GA, Nomikos T, Fragopoulou E, Athanaspoulos S, Antonopoulou S.** Effects of baseline serum levels of Se on markers of eccentric exercise-induced muscle injury. *Biofactors.* 2006; 26(3):161-70.
22. **Ascensão A, Ferreira R, Marques F, Oliveira E, Azevedo V, Soares J, Magalhães J.** Effect of off-road competitive motocross race on plasma oxidative stress and damage markers. *Br J Sports Med.* 2007;41(2):101-105.
23. **Kontinen T., Kyröläinen H., Häkkinen K.** Cardiorespiratory and neuromuscular responses to motocross riding. *J Strength Cond Res.* 2008;22(1):202-9.
24. **Gutiérrez J. A., Vives J., Puig A.** Control metabólico de las cargas de trabajo en motociclismo de velocidad. *Apunts. Medicina de l'Esport.* 2002;37:19-24.